

2001-291908

Abstract of JP2001291908

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a piezoelectric element wherein impedance is low, electro-mechanical coupling coefficient is large and low loss characteristics at high frequency is ensured, when piezoelectric ceramics having a laminar perovskite structure is used.

**SOLUTION:** The piezoelectric element 10 includes the piezoelectric ceramics 12, having a laminar perovskite structure and has a C axis, which is selectively oriented in the thickness direction. A plurality of linear electrodes 14 orthogonally oriented C axis are formed in the piezoelectric ceramics 12, and the electrodes 14 exposed to both end surfaces of the piezoelectric ceramics 12 are covered with conducting members 18 and insulating members 20. The piezoelectric ceramics 12 is polarized in the lengthwise direction so as to face in mutually reverse direction, on both sides of the electrodes 14 aligned in the widthwise direction. External electrodes are formed on a surface, on which the conducting members 18 and the insulating members 20 are formed, and two groups of electrodes which are arranged in an interdigital electrodes type are formed.

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公 開 特 許 公 報 ( A )

(11) 特許出願公開番号

特開2001-291908

( P2001-291908A )

(43) 公開日 平成13年10月19日 (2001. 10. 19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 41/083		C 0 4 B 35/46	J
C 0 4 B 35/46		H 0 3 H 3/02	B
H 0 1 L 41/187		9/17	B
41/22			C
H 0 3 H 3/02		9/205	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-13799 (P2001-13799)

(22) 出願日 平成13年1月22日 (2001. 1. 22)

(31) 優先権主張番号 特願2000-23707 (P2000-23707)

(32) 優先日 平成12年2月1日 (2000. 2. 1)

(33) 優先権主張国 日本 ( J P )

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 安藤 陽

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 林 宏一

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 木村 雅彦

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(74) 代理人 100079577

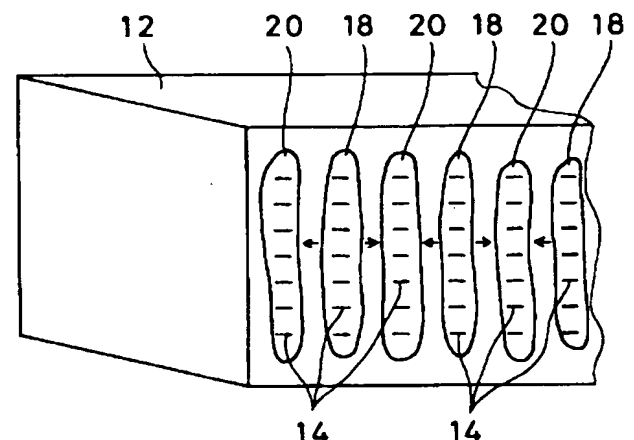
弁理士 岡田 全啓

## (54) 【発明の名称】 圧電素子およびその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 層状ペロブスカイト構造を有する圧電体セラミックスを用いても、低インピーダンスで、電気機械結合係数が大きく、高周波低損失の特性を有する圧電素子を得る。

【解決手段】 圧電素子10は、層状ペロブスカイト構造を有する圧電体セラミックス12を含み、厚み方向に選択配向したC軸を有する。圧電体セラミックス12内に、選択配向したC軸に直交する直線状の複数の電極14を形成し、圧電体セラミックス12の両端面に露出した電極14を導電材18と絶縁材20で覆う。圧電体セラミックス12は、その幅方向に並んだ電極14の両側において、互いに逆向きとなるように長さ方向に分極される。さらに、導電材18および絶縁材20が形成された面上に外部電極を形成し、交差指電極状に配置された2つのグループの電極を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 層状ペロブスカイト構造を有し、その結晶軸のうち少なくともC軸が配向され、かつ前記C軸の配向方向と略直交する方向に分極された圧電体セラミックス、および前記圧電体セラミックス内であって、前記圧電体セラミックスの分極方向に略平行な面上において並接された複数の電極を含む圧電素子であって、前記複数の電極は、一方の電位に接続される電極と、前記電位とは異なる他方の電位に接続される電極とが互いに隣合う部分を含むように配置されたことを特徴とする、圧電素子。

【請求項2】 前記複数の電極が交差指電極状に配置されていることを特徴とする、請求項1に記載の圧電素子。

【請求項3】 前記圧電体セラミックス内において、前記複数の電極が前記C軸の配向方向に沿って多段に設けられ、かつ互いに重なり合う電極同士は同じ電位に接続されていることを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の圧電素子。

【請求項4】 前記圧電体セラミックスは、前記複数の電極間で互いに逆方向となる2種類の方向に分極されていることを特徴とする、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の圧電素子。

【請求項5】 層状ペロブスカイト構造を有する圧電体材料を成形してなるグリーンシートを準備する工程、前記グリーンシート上に略平行に複数個並設するように電極ペーストを印刷する工程、前記電極ペーストが前記圧電体材料の間に介在するように前記グリーンシートを積層して積層体を得る工程、および前記積層体を焼成したのち分極を行なう工程を含む圧電素子の製造方法であって、前記積層体の積層方向に対して略平行な方向に前記圧電体材料のC軸を配向させたのち、C軸の配向方向と略直交する方向に分極することを特徴とする、圧電素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は圧電共振子に関し、特にたとえば、通信用フィルタやクロック発生器に用いられる共振子として使用される、圧電素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の圧電素子として、層状ペロブスカイト構造を有する圧電体セラミックスの配向軸に直交する方向に分極したものがある。このような圧電素子では、圧電体セラミックスの両端面に電極を形成し、分極方向に電界を印加することにより、圧電振動を励起することができる。

【0003】 また、単板状圧電体セラミックスの表裏面に交差指電極を形成し励振するタイプの圧電素子も本発明者らによって提案されている。この圧電素子におい

ては、工程数の多い積層プロセスを用いることがないため、工業的に利用しやすく、また、電極界面とセラミックスの接合の最適化という問題が全くない信頼性の高い素子である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、層状ペロブスカイト構造を有する圧電体セラミックスの両端面に電極を形成し、配向軸に直交する方向に分極した圧電素子では、単一モードの圧電振動を得るためには、電界を印加する方向に長い板状もしくは棒状の構造が必要である。そして、このような構造では、静電容量が低くインピーダンスが高くなり、回路とのインピーダンスマッチングがとりにくいという問題があった。

【0005】 また、単板状圧電体セラミックスの表裏面に交差指電極を形成した圧電素子では、高周波利用において素子全体を分極処理するには、素子厚みを薄くする必要がある。そのため、高周波利用において、機械的信頼性を高くできないという問題があった。

【0006】 それゆえに、この発明の主たる目的は、層状ペロブスカイト構造を有する圧電体セラミックスを用いても、低インピーダンスで、電気機械結合係数が大きく、高周波低損失の特性を有する圧電素子を提供することである。また、この発明の目的は、上述のような圧電素子を得るための圧電素子の製造方法を提供することである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 この発明は、層状ペロブスカイト構造を有し、その結晶軸のうち少なくともC軸が配向され、かつC軸の配向方向と略直交する方向に分極された圧電体セラミックスと、圧電体セラミックス内であって、圧電体セラミックスの分極方向に略平行な面上において並接された複数の電極とを含む圧電素子であって、複数の電極は、一方の電位に接続される電極と、前記電位とは異なる他方の電位に接続される電極とが互いに隣合う部分を含むように配置されたことを特徴とする、圧電素子である。このような圧電素子において、複数の電極が、交差指電極状に配置される。また、圧電体セラミックス内において、複数の電極がC軸の配向方向に沿って多段に設けられてもよく、この場合、互いに重なり合う電極同士は同じ電位に接続される。さらに、圧電体セラミックスは、複数の電極間で互いに逆方向となる2種類の方向に分極される。また、この発明は、層状ペロブスカイト構造を有する圧電体材料を成形してなるグリーンシートを準備する工程と、グリーンシート上に略平行に複数個並設するように電極ペーストを印刷する工程と、電極ペーストが圧電体材料の間に介在するようにグリーンシートを積層して積層体を得る工程と、積層体を焼成したのち分極を行なう工程とを含む圧電素子の製造方法であって、積層体の積層方向に対して略平行な方向に圧電体材料のC軸を配向させたのち、C軸の配向

方向と略直交する方向に分極することを特徴とする、圧電素子の製造方法である。

【0008】この発明の圧電素子では、結晶軸のうちの少なくともC軸が選択配向された層状ペロブスカイト構造を有する圧電体セラミックスを用いて、その配向軸に略直交する方向に分極し、その分極方向に略平行な面上に複数の電極を並設することにより、選択配向したC軸に略直交する方向に電界を印加することができる。そして、圧電体セラミックスの分極方向は、選択配向したC軸に略直交する方向の成分をもつことにより、単一モードの圧電振動を得ることができる。このような方向に電界を印加するために、複数の電極が交差指電極状に配置される。このような圧電素子において、電極は、C軸の配向方向に沿って多段に形成することができる。このとき、互いに重なり合う電極同士を同じ電位に接続することにより、分極方向の同じ範囲において同じ向きに電界を印加することができる。さらに、圧電セラミックスが複数の電極間で互いに逆方向となる2種類の方向に分極されることにより、選択配向したC軸に略直交する向きにおいて、逆向きに分極された領域が形成され、その分極方向と同じ方向に電界を印加して単一モードの圧電振動が得られる。

【0009】この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の発明の実施の形態の詳細な説明から一層明らかとなろう。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】図1は、この発明の圧電素子の一例を示す斜視図である。圧電素子10は、圧電体セラミックス12を含む。圧電体セラミックス12内には、図2に示すように、複数の電極14が形成される。これらの電極14は、図3に示すように、複数の層16上において幅方向に延びるように平行に形成され、これらの層16を積層することにより、複数の電極14が内蔵された圧電体セラミックス12が構成されている。なお、各層16に形成される電極14は、厚み方向にみて互いに重なり合うように積層されている。

【0011】この圧電体セラミックス12は、層状ペロブスカイト構造を有するものであり、その結晶軸のうちのC軸が厚み方向に選択配向されたものである。ここで、C軸とは、結晶の長軸のことを示している。つまり、圧電体セラミックス12内においては、C軸が電極14に直交するように配向されている。さらに、圧電体セラミックス12は、その長さ方向に向かって分極される。つまり、圧電体セラミックス12の分極方向は、選択配向されたC軸に略直交する向きとなる。このとき、図2の矢印に示すように、圧電体セラミックス12の厚み方向に並んだ電極14の両側において、互いに逆向きとなるように分極される。

【0012】さらに、圧電体セラミックス12の厚み方向に並んでいる電極14が、導電材18と絶縁材20と

で覆われる。このとき、図2に示すように、圧電体セラミックス12の一方側において、導電材18と絶縁材20とが交互に配置される。また、圧電体セラミックス12の他方側においては、一方側において導電材18で覆われた電極14が絶縁材20で覆われ、一方側において絶縁材20で覆われた電極14が導電材18で覆われる。

【0013】また、図1に示すように、圧電体セラミックス12の幅方向の両側に、外部電極22、24が形成される。したがって、外部電極22には、圧電体セラミックス12の一方側の導電材18を介して、内部の電極14が電気的に接続される。また、外部電極24には、圧電体セラミックス12の他方側の導電材18を介して、内部の電極14が電気的に接続される。このようにして、一方の外部電極22に接続された電極14と、他方の外部電極24に接続された電極14とが、交差指電極状に配置される。

【0014】この圧電素子10では、外部電極22、24に信号を入力し、交差指電極状に配置された電極14間に電界を印加することにより、圧電振動を励起することができる。このとき、圧電体セラミックス12は層状ペロブスカイト構造を有し、選択配向したC軸に略直交する向きに電界が印加されることにより、単一モードの圧電振動を励起することができ、電気機械結合係数を大きくすることができる。また、圧電体セラミックス12内で電極14が隣接するように形成されるため、2つ外部電極22、24に接続された電極14間の静電容量を大きくすることができ、低インピーダンスの素子とすることができる。そのため、圧電素子10と回路とのインピーダンスマッチングがとりやすい。さらに、この圧電素子10では、隣接する電極14間で分極されるため、単板状の圧電素子に比べて、高周波利用において素子厚みを薄くする必要がなく、機械的強度を確保することができる。

【0015】なお、2つの外部電極22、24に接続された電極の交差指電極状態としては、図4に示すように、圧電体セラミックス12の長さ方向において、2つの櫛歯を1組として交互に配置してもよい。また、図5に示すように、櫛歯の一部を同一の外部電極に接続し、この部分に電界が印加されないようにしてもよい。さらに、図6に示すように、電極14間の間隔を変えて、分極時に印加される電界の強さを換え、分極度の異なる部分を形成してもよい。また、複数の電極14間に、外部電極に接続されず、どの電位にも接続されないフロート電極を形成してもよい。このように、圧電素子10の構造を変えることにより、圧電素子10の電気機械結合係数を調整することができる。また、圧電体セラミックス12内に並設した複数の電極14の幅（電極間距離）を変化させることにより、分極される圧電体セラミックスの体積が変化するので、圧電素子10の電気機械結合係

数および静電容量を容易に調整することができる。

【0016】圧電体セラミックス12の材料としては、たとえば $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{4.5}\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ などが用いられるが、そのほかにも $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 、 $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ および $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ などの層状ペロブスカイト型圧電体を用いることで電気機械結合係数値の良好なものが得られている。

【0017】なお、図7および図8に示すように、圧電体セラミックス12の厚み方向において、電極14は積み重ねることなく1層だけ形成されてもよい。この場合も、圧電体セラミックス12の対向側面において、隣接する電極14が導電材18と絶縁材20とで覆われる。そして、導電材18および絶縁材20で覆われた側面に外部電極が形成され、圧電体セラミックス12内において、電極14が交差指電極状に配置される。

【0018】このような圧電素子10を作製するには、まず層状ペロブスカイト構造を有する圧電体材料が準備される。この圧電体材料を用いて、図9に示すように、グリーンシート30が形成される。グリーンシート30上には、その一端から他端に向かって延びるようにして、略平行な複数の線状に電極ペースト32が印刷される。このように電極ペースト32が印刷されたグリーンシート30が、図10に示すように、複数枚積層され、積層体34が形成される。このとき、グリーンシート30を積み重ねる方向の電極ペースト32が互いに重なるように、グリーンシート30が積層される。

【0019】得られた積層体34は焼成され、図11に示すように、内部に電極14が形成された焼結体36が得られる。このとき、たとえばグリーンシート30の積み重ね方向に圧力を加えながら焼成することにより、積層方向に結晶のC軸が配向した焼結体36が得られる。この焼結体36が、図11の点線で示すように、必要な大きさに切断され、複数のエレメントが得られる。なお、焼結体36の表面には電極14が現れないが、図11では、電極14と切断部との関係を示すために、電極14が示されている。

【0020】得られたエレメントの側面には、図12に示すように、電極14の端部が露出している。そして、グリーンシート30の積層方向に重なる電極14の端部が、導電材18と絶縁材20とで覆われる。このとき、エレメントの一方の側面においては、導電材18と絶縁材20とが交互に形成される。また、エレメントの他方の側面においては、一方の側面において導電材18に覆われた電極14が絶縁材20で覆われ、一方の側面において絶縁材20に覆われた電極14が導電材18で覆われる。

【0021】そして、導電材18および絶縁材20が形成されたエレメントの側面に、外部電極22、24が形成される。それによって、電極14は交差指電極状に接続される。この状態で、外部電極22、24に直流電圧

を印加することにより、隣接する電極14間において、C軸の配向方向に略直交する向きに直流電界が印加され、図2の矢印に示すように分極される。このようにして、圧電体セラミックス12の厚み方向に結晶のC軸が配向し、それにほぼ直交する向きに分極した圧電素子10が作製される。

【0022】

【実施例】 $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{4.5}\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ の組成式であらわされる組成の原料粉に対し、5～10重量%の酢酸ビニル系バインダーを混合し、ドクターブレード法によってグリーンシート成形を行った。得られたグリーンシート30に、図9に示すように、線状に白金電極ペースト32をスクリーン印刷し、図10のように積層圧着して積層体34を得た。ここで、最下層と最上層のグリーンシート30の厚みは他のグリーンシート30の厚みの約2倍の300 $\mu\text{m}$ 、残りのグリーンシート30の厚みはそれぞれ150 $\mu\text{m}$ である。圧着前のグリーンシート30の総厚みは1.5mmであり、圧着後の積層体34の厚みは1.2mmであった。

【0023】この積層体34を厚み方向に加圧しながら焼成し、C軸が厚み方向に配向した層状ペロブスカイト構造を有する焼結体36を得た。加圧圧力は50～500 $\text{kg}/\text{cm}^2$ で、焼成温度は1000℃～1300℃であった。焼成して得られた焼結体36の厚みは約600 $\mu\text{m}$ であった。そして、焼結体36の厚みを研磨により500 $\mu\text{m}$ に揃えた後、図11の点線で示すように、幅1mm、長さ3.6mmのエレメントを切り出した。なお、焼成することにより、白金電極ペースト32は電極14となり、焼結体36の表面には現れないが、図11では、電極14と切断部との関係を示すために、電極14を示してある。そして、切断面に現れる内部電極14を図12に示すように2つのグループに分け、対向する切断面において導電材18と絶縁材20を用いて、同じグループに属する電極14のみ互いに電氣的に接続した。これら2つのグループの電極の間に直流電界を印加して分極し、これらの電極を、図13に示すようにインピーダンス測定器の端子に接続し、インピーダンスの周波数特性を調べた。

【0024】比較のため無配向の $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{4.5}\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ を用いて、図14に示すように、圧電体層40と電極層42との積層構造からなる圧電素子、および図15に示すような棒状の圧電体44の両端に電極46を形成した圧電素子との電気機械結合係数の比較を行った。そして、その結果を表1に示す。本発明により、棒状の圧電体を用いた圧電素子に比べてインピーダンスを低くすることができ、また無配向の積層型圧電素子に比べて電気機械結合係数を大きくできることが分かる。

【0025】

【表1】

	材 料	構 造	電気機械結合係数(%)	静電容量(pF)
本 発 明	$\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{4.5}\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 配向	図2の構造	42	14
比 較 例	$\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{4.5}\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 無配向	図2の構造	23	12
比 較 例	$\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{4.5}\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 無配向	図14の構造	28	18
比 較 例	$\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{4.5}\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 配向	角棒(図15)	47	0.15
比 較 例	$\text{PbTi}_{0.49}\text{Zr}_{0.49}\text{O}_3 + 1\text{wt}\%\text{MnO}$ 無配向	図2の構造	43	105
比 較 例	$\text{PbTi}_{0.49}\text{Zr}_{0.49}\text{O}_3 + 1\text{wt}\%\text{MnO}$ 無配向	図14の構造	49	160

【0026】なお、本発明とよく似た構造の圧電アクチュエータが提案されているので、本発明との差異について述べておく。従来、積層アクチュエータの信頼性を向上させる手段として、特開平3-94487号公報に、無配向の圧電体セラミックス材料を用いた圧電素子で、本発明の圧電素子10と同様に、交差指電極を積層した構造の圧電素子が開示されている。この構造は大電界を印加して使用するような応用において、図14に示するような従来の積層構造素子に対し機械的信頼性を確保するために提案されたものである。しかしながら、電子機器に用いられるフィルタや発振子のように小電界で使用される用途においては、従来の積層構造においても機械的信頼性は十分確保されるため、交差指電極を用いた構造はむしろ図14に示すような構造からなる積層素子に対して電気機械結合係数が小さくなり、利用価値が見出せなかった(表1参照)。

【0027】これに対し、本発明は特に層状ペロブスカイト構造を持つ圧電体セラミックスを用いており、焼成後のC軸配向方向に直交する方向に電界が印加される構造となっているため、図14に示すような従来の積層構造素子に比べてきわめて大きな電気機械結合係数が実現できる。すなわち層状ペロブスカイト構造を持つ圧電体材料と電極構造との組み合わせにより、大きな価値が創出されるものである。

【0028】以上、交差指電極等の線状の電極14が圧電体セラミックス12内に形成された構造の圧電素子10について実施例を用いて説明したが、同様の効果を有するものであれば、特に電極14の形成位置は限定されるものではない。たとえば、電極14は、圧電体セラミックス12の表面上に形成されてもよい。また、圧電体セラミックス12の伸縮については、一様に伸縮するものに限定されるものではない。たとえば、部分的に電界の印加方向を逆にすることにより、圧電体セラミックス12内に伸縮の位相が異なる部分を形成したようなものも含まれる。

【0029】

【発明の効果】本発明の圧電素子を用いれば、層状ペロブスカイト構造を持つ圧電体材料を用いた単一モード共振特性が実現できるため、代表的圧電体であるチタン酸ジルコン酸鉛では得られない高温耐熱性、高周波低損失などの特性を持つフィルタや発振子が可能となる。ま

た、低インピーダンスで回路とのインピーダンスマッチングがとりやすく、電気機械結合係数の大きい圧電素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の圧電素子の一例を示す斜視図である。

【図2】図1に示す圧電素子に用いられる圧電体セラミックスの端面を示す図解図である。

【図3】図2に示す圧電体セラミックスの分解斜視図である。

【図4】この発明の圧電素子の電極配置の他の例を示す図解図である。

【図5】この発明の圧電素子の電極配置のさらに他の例を示す図解図である。

【図6】この発明の圧電素子の電極配置の別の例を示す図解図である。

【図7】この発明の圧電素子に用いられる圧電体セラミックスの他の例を示す端面図解図である。

【図8】図7に示す圧電体セラミックスの分解斜視図である。

【図9】図1に示す圧電素子を作製するために用いられるシート上の内部電極パターンを示す図解図である。

【図10】図9に示すシートの積層工程におけるシート積層法および電極配置を示す図解図である。

【図11】図10に示す工程で得られた積層体を焼成した焼結体からエレメントを切り出す方法を示す図解図である。

【図12】図11に示す工程で切り出されたエレメントの切断面に導電材および絶縁材を形成する方法を示す図解図である。

【図13】本発明の実施例において、図12に示すエレメントを用いて特性を測定するための電極接続を示す図解図である。

【図14】従来の積層型圧電素子の一例を示す図解図である。

【図15】従来の棒状の圧電体を用いた圧電素子の一例を示す図解図である。

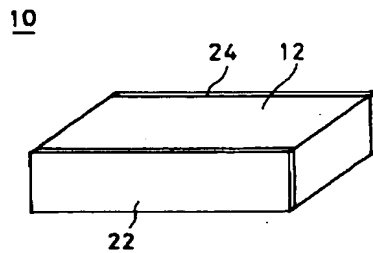
【符号の説明】

- 10 圧電素子
- 12 圧電体セラミックス
- 14 電極

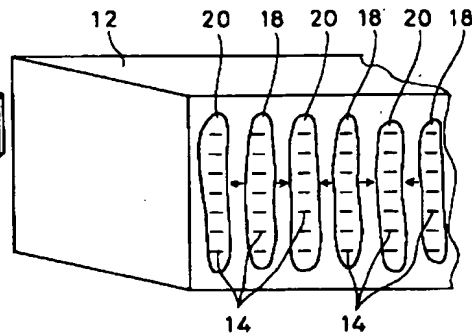
16 層  
18 導電材  
20 絶縁材  
22, 24 外部電極

30 グリーンシート  
32 電極ペースト  
34 積層体  
36 焼結体

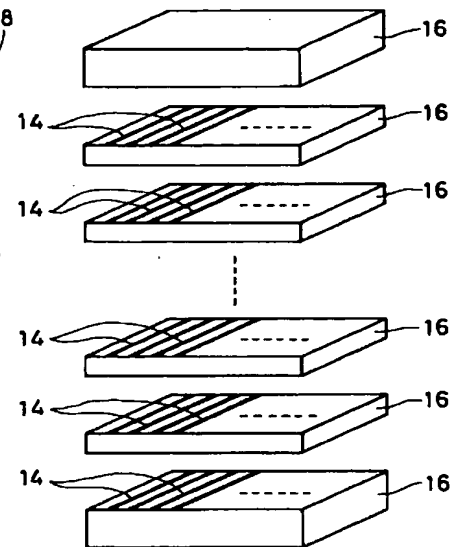
【図1】



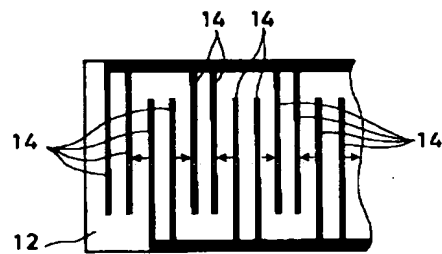
【図2】



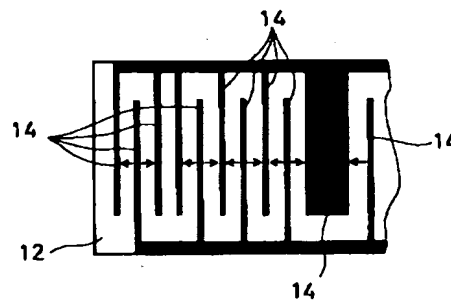
【図3】



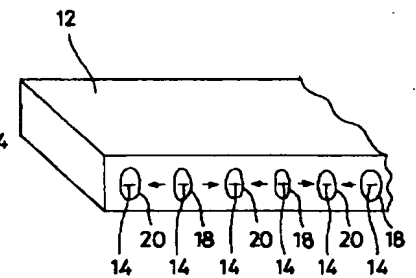
【図4】



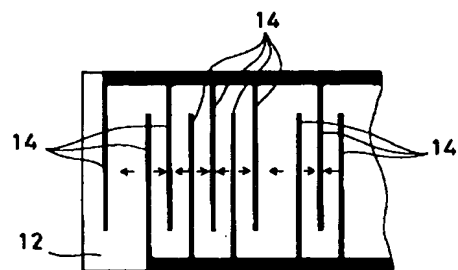
【図5】



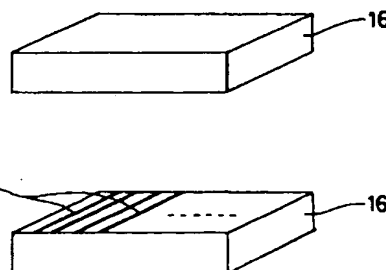
【図7】



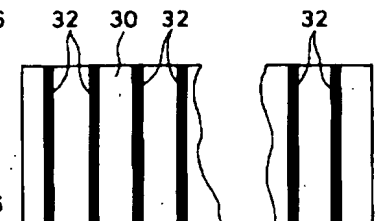
【図6】



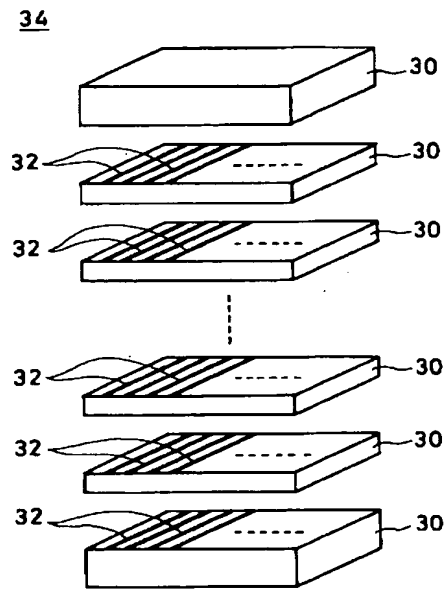
【図8】



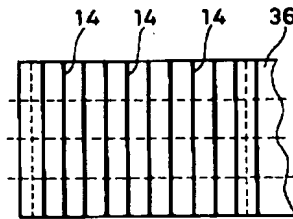
【図9】



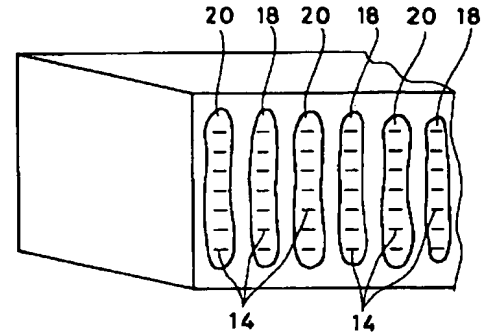
【図10】



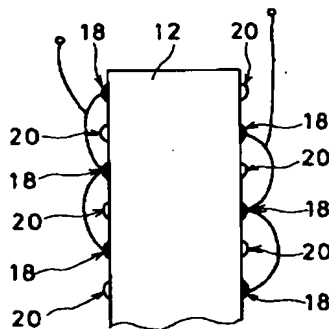
【図11】



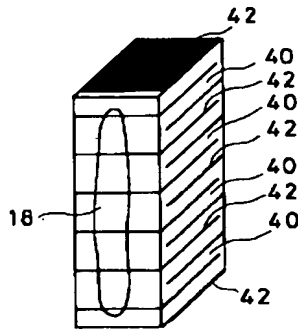
【図12】



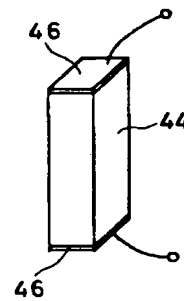
【図13】



【図14】



【図15】



## 【手続補正書】

【提出日】平成13年5月1日(2001. 5. 1)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 層状ペロブスカイト構造を有し、その結晶軸のうち少なくともC軸が配向され、かつ前記C軸の配向方向と略直交する方向に分極された圧電体セラミックス、および前記圧電体セラミックス内であって、前記圧電体セラミックスの分極方向に略平行な面上において並設された複数の電極を含む圧電素子であって、前記複数の電極は、一方の電位に接続される電極と、前

記電位とは異なる他方の電位に接続される電極とが互いに隣合う部分を含むように配置されたことを特徴とする、圧電素子。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は、層状ペロブスカイト構造を有し、その結晶軸のうち少なくともC軸が配向され、かつC軸の配向方向と略直交する方向に分極された圧電体セラミックスと、圧電体セラミックス内



であって、圧電体セラミックスの分極方向に略平行な面上において並設された複数の電極とを含む圧電素子であって、複数の電極は、一方の電位に接続される電極と、前記電位とは異なる他方の電位に接続される電極とが互いに隣合う部分を含むように配置されたことを特徴とする、圧電素子である。このような圧電素子において、複数の電極が、交差指電極状に配置される。また、圧電体セラミックス内において、複数の電極がC軸の配向方向に沿って多段に設けられてもよく、この場合、互いに重なり合う電極同士は同じ電位に接続される。さらに、圧電体セラミックスは、複数の電極間で互いに逆方向となる2種類の方向に分極される。また、この発明は、層状ペロブスカイト構造を有する圧電体材料を成形してなるグリーンシートを準備する工程と、グリーンシート上に略平行に複数個並設するように電極ペーストを印刷する工程と、電極ペーストが圧電体材料の間に介在するようにグリーンシートを積層して積層体を得る工程と、積層体を焼成したのち分極を行なう工程とを含む圧電素子の製造方法であって、積層体の積層方向に対して略平行な

方向に圧電体材料のC軸を配向させたのち、C軸の配向方向と略直交する方向に分極することを特徴とする、圧電素子の製造方法である。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】

【発明の実施の形態】図1は、この発明の圧電素子の一例を示す斜視図である。圧電素子10は、圧電体セラミックス12を含む。圧電体セラミックス12内には、図2に示すように、複数の電極14が形成される。これらの電極14は、図3に示すように、複数の層16上において幅方向に延びるように平行に形成され、これらの層16を積層することにより、複数の電極14が内蔵された圧電体セラミックス12が構成されている。なお、各層16に形成される電極14は、厚み方向にみて互いに重なり合うように積層されている。

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テマコード (参考)

H 0 3 H 9/17

H 0 1 L 41/08

S

41/18

1 0 1 B

9/205

41/22

Z